

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 12 oktober 1998 onder nummer 1010295,  
ten name van:

**KONINKLIJKE KPN N.V.**

te Groningen

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"ATM Connection Admission Control orgaan voor DBR verbindingen",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 16 augustus 1999.

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,  
voor deze,

l.o.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'I.W. Scheevelenbos'.

mw. I.W. Scheevelenbos - de Reus.

10 10 29 5

D. V. G. E.

12 JAN 1988

## UITTREKSEL .

Orgaan voor Connection Admission Control voor een ATM switch, bedoeld voor het tot de switch toelaten van een  
5 aangevraagde ATM verbinding van het DBR type, zodanig dat de "Quality of Service" van alle ATM verbindingen van het DBR type in genoemde switch aan zekere voorwaarden blijven  
voldoen. Voor de samengestelde verkeersstroom van DBR  
verbindingen op een uitgangspoort met capaciteit C is een  
10 enkelvoudige buffer met capaciteit B beschikbaar is, terwijl als randvoorwaarde geldt dat de totale gemiddelde belasting van de uitgangspoort niet meer bedraagt dan  $p \times C$ , waarbij  $p$  een constante is met een waarde tussen 0 en 1. Het CAC orgaan omvat twee deel-organen omvat, die ieder een -  
15 tamelijk complexe- deelberekening uitvoeren, resulterend in een positief of negatief toelatingssignaal. Slechts indien beide deel-organen een positief toelatingssignaal afgeven wordt aan de nieuwe ATM verbinding toegang tot de switch verleend.

20

(FIG. 1)

7 II

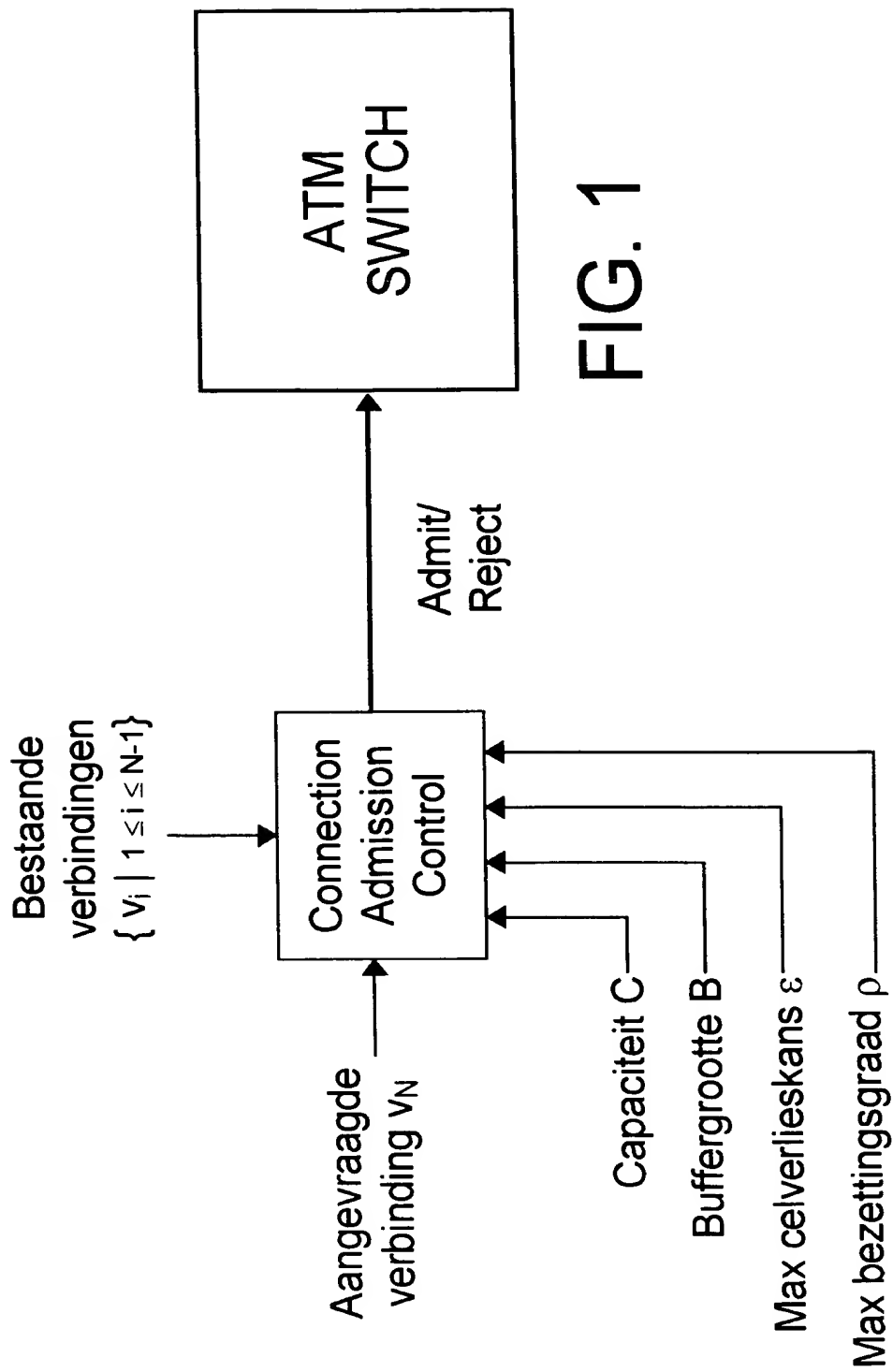
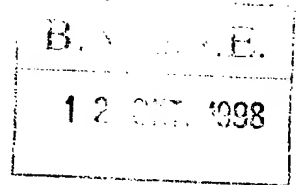


FIG. 1

Titel: ATM Connection Admission Control orgaan voor DBR  
verbindingen :



#### ACHTERGROND VAN DE UITVINDING

De uitvinding heeft betrekking op een orgaan voor Connection  
5 Admission Control (CAC) voor een ATM switch, bedoeld voor het  
tot die ATM switch toelaten van een additionele verkeersstroom,  
via een additionele ATM verbinding van het DBR type, zodanig  
dat de "Quality of Service" van alle DBR verbindingen in  
genoemde switch aan zekere voorwaarden blijft voldoen, waarbij  
10 voor de samengestelde verkeersstroom van alle DBR verbindingen  
op een uitgangspoort met capaciteit C een enkelvoudige buffer  
met capaciteit B beschikbaar is, terwijl, als randvoorwaarde,  
de totale gemiddelde belasting van de uitgangspoort niet meer  
bedraagt dan  $p \times C$ , waarbij  $p$  een constante is met een waarde  
15 tussen 0 en 1.

#### Algemeen

Asynchrone Transfer Mode (ATM) is een netwerktechniek om op  
geüniformeerde manier verbindingen te kunnen leveren met  
uiteenlopende karakteristieken. Het transport van gegevens  
20 vindt plaats door middel van uniforme cellen met een lengte van  
53 octetten. Met behulp van ATM kunnen verbindingen worden  
opgezet met uiteenlopende netwerkgaranties ten aanzien van  
"cell loss", "cell delay", "cell delay variation" en  
"throughput" door het kiezen van een "Quality of Service" (QoS)  
25 klasse [I.356] en een "ATM Transfer Capability" (ATC) [I.371].

Het vooraf garanderen van de waarden van de QoS parameters is  
een kenmerk dat centraal staat in ATM netwerken. Om vooraf aan  
bepaalde (mogelijkerwijs zeer stringente) eisen t.a.v. de  
Quality of Service, waaronder de celverlieskans, te kunnen  
30 voldoen, dient er bij iedere aangevraagde verbinding een  
beslissing genomen te worden of deze al dan niet tot een ATM  
switch kan worden toegelaten. Verbindingen worden alleen

switch kan worden toegelaten. Verbindingen worden alleen toegelaten indien de Quality of Service van de verbindingen die gebruik maken van de ATM switch de vooraf bepaalde grenzen niet overschrijdt. Het geheel aan methoden dat beslist over het al  
 5 dan niet toelaten van een aangevraagde ATM verbinding wordt een Connection Admission Control (CAC) algoritme genoemd, een orgaan voor het uitvoeren van een CAC algoritme een CAC orgaan.

De genoemde "ATM Transfer Capability" (ATC) beschrijft de parameters waarmee een ATM verbinding gekarakteriseerd wordt.

10 De hier bedoelde ATC omvat de "Deterministic Bit Rate" (DBR) die is vastgelegd in [I.371]. Hierbij wordt een ATM verbinding gekarakteriseerd door twee parameters: de Peak Cell Rate (PCR) en de Cell Delay Variation Tolerance (CDVT). De PCR geeft de maximale snelheid weer waarop een verbinding cellen mag sturen;  
 15 de CDVT is een maat voor de tolerantie op de PCR. De grootte CDVT duidt aan in welke mate de werkelijke snelheid de PCR mag overschrijden gedurende (in de regel zeer korte) tijdsperioden. Ter waarborging van de Quality of Service van alle verbindingen wordt gedurende de looptijd van een verbinding door een Usage  
 20 Parameter Control (UPC) orgaan bewaakt of ieder van de verbindingen ook aan zijn karakteristiek voldoet. Is dit niet het geval dan kan het UPC orgaan er toe overgaan cellen van de betreffende verbinding uit de verkeersstroom te verwijderen.

De uitvinding betreft, zoals hierboven aangeduid, een orgaan  
 25 dat gebruikt kan worden voor de CAC van een ATM switch, en wel in het bijzonder voor verbindingen die voldoen aan de specificaties van de "Deterministic Bit Rate" Transfer Capability.

#### STAND VAN DE TECHNIEK

30 Een eenvoudige doch onnauwkeurige methode voor het doen van CAC voor verbindingen die gekarakteriseerd worden door waarden voor PCR en CDVT, is het volledig buiten beschouwing laten van de laatste parameter. De methode beperkt zich dan tot het bepalen

of er voldoende capaciteit beschikbaar is voor de som van de peak cell rates van de verbindingen op de betreffende uitgangspoort. Hierbij wordt voorbijgegaan aan twee zaken:

- 5     ◦ Het feit dat de verkeersstromen van de verschillende verbindingen bestaan uit discrete cellen, in plaats van uit continue stromen. Dit heeft tot gevolg dat bij menging van verschillende verkeersstromen, verscheidene cellen op (ongeveer) hetzelfde moment gerouteerd kunnen worden naar één bepaalde uitgangspoort. Algemeen gebruikelijk is om

10    celverlies in zulke situaties te voorkomen door gebruik te maken van een uitgangsbuffer. De genoemde eenvoudige methode voor CAC houdt echter geen rekening met de consequenties van zo'n buffer, zoals celverlies ten gevolge van een eindige buffercapaciteit en vertraging.
- 15    ◦ Het feit dat de verkeersstromen van de verschillende verbindingen fluctuaties kunnen vertonen, waarbij de momentane cell rate de nominale peak cell rate tijdelijk kan overstijgen. Deze fluctuaties zijn mogelijk indien de Cell Delay Variation Tolerance (CDVT) van de verbindingen groter

20    is dan nul. Door deze fluctuaties is het mogelijk dat, bij gebruik van een uitgangsbuffer, de hoeveelheid benodigde buffercapaciteit in werkelijkheid groter is dan die voor "ideale" DBR verbindingen (met CDVT gelijk aan 0). Dit kan leiden tot onvoorzien cel-verlies en/of extra vertraging.

25

In de literatuur zijn een aantal methoden beschreven die bovenstaande twee problemen onderkennen en zowel rekening houden met het discrete karakter van ATM verkeersstromen, als met het feit dat de momentane cell rate van een verbinding

30    diens PCR tijdelijk kan overstijgen. In [E.736] wordt beschreven dat dit probleem opgelost kan worden door ofwel alle verkeersstromen te "shapen" (d.w.z. cellen op een dusdanige wijze te vertragen dat de cellen van de resulterende verkeersstromen een tussenaankomsttijd van exact  $1/PCR$  hebben).

De resulterende verkeersstroom kan dan gekarakteriseerd worden door een CDVT gelijk aan 0.

In voornoemde referentie wordt ook de "maximale burst-grootte" geïntroduceerd van een verbinding die gekarakteriseerd wordt door waarden voor PCR en CDVT. Deze "maximale burst-grootte" is de benodigde buffercapaciteit om in een modelsituatie de betreffende verkeersstroom zonder celverlies over een denkbeeldig buffer te leiden (zonder menging met andere verkeersstromen), waarbij er vanuit gegaan wordt dat het genoemde denkbeeldige buffer een constante uitstroomsnelheid heeft gelijk aan PCR.

In [Gravey97] wordt eveneens een oplossing met "shaping" voorgesteld, zij het dat connecties ge-"shaped" worden zodanig dat hun maximale burst-grootte beperkt en klein is (kleiner dan of gelijk aan 2).

Nadeel van deze methoden is dat "shaping" niet met alle ATM switches mogelijk is en dat het introduceren van extra shapers in het netwerk ongewenst kan zijn. Om deze redenen wordt in [E.736] ook een methode beschreven voor het geval dat verbindingen een bekende maximale burst-grootte,  $b_{MAX}$ , hebben. Deze connecties worden dan benaderd door een  $b_{MAX}$ -batch Poisson proces. Deze methode heeft als nadeel dat (1) het Poisson proces een overschatting van het verkeer is, hetgeen er toe leidt dat minder connecties kunnen worden toegelaten dan in werkelijkheid mogelijk is gezien de vereiste QoS garanties, en (2) dat er wordt uitgegaan van een eenduidig bepaalde  $b_{MAX}$  voor alle verbindingen, hetgeen in de praktijk nodeloos inefficiënt kan zijn. In de praktijk zal deze waarde voor  $b_{MAX}$  namelijk erg hoog kunnen zijn. In [Gravey97] wordt aangetoond dat de maximaal toelaatbare belasting van het ATM netwerk snel daalt bij stijgende waarden van  $b_{MAX}$ .

[COST242] beschrijft in essentie de methode als in [E.736] maar verfijnt deze. De maximale "batches" die worden gebruikt voor benadering door Poisson batches hoeven niet dezelfde te zijn



als in [E.736], maar zijn afhankelijk van de snelheid van de multiplexer. Voor een algemeen geldig model moeten de batches wel even groot zijn als die van een Poisson proces waarmee de verkeersstroom benaderd wordt.

- 5 [Mignau96] beschrijft methoden die niet uitgaan van de Poisson methode, maar van de  $N \times D/D/1$ -methode, die hieronder beschreven wordt. Voor bronnen waarvoor de maximale burstgrootte precies twee waarden aan kan nemen wordt een complex model beschreven in [Cidon95]. Dat model is echter
- 10 numeriek instabiel en vergt lange rekentijden.

Het  $N \times D/D/1$ -model.

- Een van de modellen die ten grondslag ligt aan de onderhavige uitvinding is het  $N \times D/D/1$  - model. Dit model geeft de kansverdeling van de lengte van de wachtrij in een systeem
- 15 bestaande uit een buffer die bediend wordt door één server. Dit systeem wordt gevoed door  $N$  ideale (i.e., CDVT gelijk aan 0) en gelijke verkeersstromen ieder met een inter-cel-aankomsttijd ter grootte van  $D$  en met begintijdstippen uniform verdeeld over een interval ter grootte  $D$ . De eenheid van tijd is de benodigde
- 20 tijd om één cel te bedienen. In [Cost242] wordt gesteld dat de kans dat het buffergebruik een zekere waarde  $B$  overstijgt gelijk is aan:

$$\sum_{n=B+1}^N \binom{N}{n} \left( \frac{n-B}{D} \right)^n \left( 1 - \frac{n-B}{D} \right)^{N-n} \frac{D-N+B}{D-n+B}.$$

25

Deze formule zal hier aangeduid worden met  $Q_D^N(B)$ . Tevens wordt in [COST242] gesteld dat deze formule een goede bovengrens vormt voor de overschrijdingskans ook indien de stromen verschillende inter-cel-aankomsttijden hebben.

30

## SAMENVATTING VAN DE UITVINDING

De uitvinding beoogt te voorzien in een orgaan van de in de aanhef aangegeven soort, welke bij uitstek geschikt is als CAC voor ATM verbindingen van het DBR type, waarbij zowel rekening  
 5 gehouden wordt met het discrete karakter van de verkeersstromen, alsmede met het feit dat de cell rate van elk van de individuele verbindingen fluctuaties boven diens nominale peak cell rate kan vertonen. Het onderscheidt zich positief van CAC organen die berusten op de methoden uit de literatuur met  
 10 betrekking tot de volgende aspecten:

- Efficiënter: het orgaan volgens de uitvinding heeft de eigenschap dat het maximaal aantal te mengen verbindingen niet veel meer beperkt wordt dan strikt noodzakelijk om buffer-overloop en daarmee cel-verlies te voorkomen.
- 15 • Betere aansluiting op praktische situaties: in de huidige ATM netwerken is het gebruikelijk de CDVT zo te kiezen dat deze een constante is wanneer deze wordt uitgedrukt in de tijdseenheid, wat tot gevolg heeft dat de eerder gedefinieerde maximale burstgrootte  $b_{MAX}$  afhankelijk is van de  
 20 peak cell rate van de verbinding; hierdoor kan er geen eenduidige maximale burstgrootte vastgesteld worden, hetgeen voor de methoden uit de literatuur een uitgangspunt is.
- Beter praktisch toepasbaar: de methode waarvan het orgaan volgens de uitvinding gebruik maakt is praktisch toepasbaar,  
 25 numeriek stabiel en heeft een snelle rekentijd.

Hoewel de methoden uit de literatuur ook praktisch toepasbaar zijn, combineert het CAC orgaan volgens de uitvinding een hoge efficiëntie met praktische toepasbaarheid. Het CAC orgaan  
 30 volgens de uitvinding biedt tevens de mogelijkheid om het maximaal aantal toelaatbare verbindingen te optimaliseren door het kiezen van een bepaalde waarde voor de vrij te kiezen constante  $K$ , met dien verstande dat dit een geheel getal groter of gelijk aan 0 dient te zijn. In veel gevallen zal de optimale

waarde voor  $K$  afhangen van de meest voorkomende waarden van de CDVT van de ATM verbindingen.

Het CAC orgaan volgens de uitvinding omvat twee deel-organen, die ieder een positief of negatief resultaat (signaal) afgeven.

- 5 Slechts indien beide deel-organen een positief resultaat (signaal) afgeven, zal het resultaat van het gehele orgaan positief zijn en zal aan een nieuwe verbinding toegang tot de ATM switch kunnen worden verleend. Het eerste deelorgaan bepaalt of er voldoende bandbreedte beschikbaar is voor de
- 10 verzameling verbindingen  $V$ , waarvan elke verbinding  $v_i$  gekarakteriseerd wordt door waarden voor  $PCR_i$  en  $CDVT_i$ , die, na eventuele toelating van de nieuwe verbinding, gebruik zal maken van een bepaalde uitgangspoort, het tweede deelorgaan bepaalt of de beschikbare buffercapaciteit voor de betreffende poort
- 15 toereikend is.

Het eerste deelorgaan omvat:

- Een rekenorgaan dat de som ( $\Sigma PCR$ ) bepaalt van de waarden van  $PCR_i$  van ieder van de verbindingen  $v_i$  uit de verzameling  $V$ . Deze som wordt vervolgens vergeleken met het product van  $p$  en
- 20  $C$ . Indien de genoemde som kleiner of gelijk is aan genoemd product, dan is de uitkomst van het deelorgaan positief, anders is de uitkomst negatief.

Het tweede deelorgaan omvat:

- 25 • Een rekenorgaan dat voor ieder van de verbindingen  $v_i$  uit de verzameling  $V$  een zekere buffergrootte  $b_{s,i}$  berekent. Deze buffergrootte is gelijk aan hetzij  $b_{max,i}$  verminderd met de constante waarde  $K$  indien  $b_{max,i}$  groter of gelijk is aan  $K$ , dan wel gelijk aan 0 indien  $b_{max,i}$  kleiner is dan  $K$ . Voor
- 30 buffergrootte  $b_{max,i}$  geldt dat het mogelijk is, in een modelsituatie, de betreffende verkeersstroom zonder celverlies over een denkbeeldig buffer met buffergrootte  $b_{max,i}$  en uitstroomsnelheid  $PCR_i$  te transporteren (zonder menging met andere verkeersstromen).  $b_{max,i}$  wordt door het

orgaan bereken door het product te bepalen van  $PCR_i$  en  $CDVT_i$ .

Een rekenorgaan dat de som van de berekende waarden  $b_{s,i}$  voor alle verbindingen uit de verzameling  $V$  bepaalt. Deze som zal hier aangeduid worden met  $B_s$ .

- Een rekenorgaan dat een buffergrootte  $B_N$  bepaalt, waarvoor geldt dat het mogelijk is  $N$  denkbeeldige, identieke verkeerstromen met constante cell rate te multiplexen, gebruikmakend van een buffer met grootte  $B_N$ , en wel zodanig dat de kans op celverlies ten gevolge van buffer-overloop de gegeven waarde  $\varepsilon$  niet zal overschrijden.  $N$  is hierbij het aantal verbindingen in verzameling  $V$ . Tevens wordt er vanuit gegaan dat de gemiddelde bezettingsgraad aan de uitgang van de buffer gelijk is aan  $\rho$ . De buffercapaciteit  $B_N$  wordt bepaald door toepassing van het eerder geïntroduceerde  $N \times D/D/1$  model, waarbij de kans dat een buffer niveau van  $B$  cellen wordt overschreden wordt aangeduid met  $Q_D^N(B)$ . Door het rekenorgaan wordt de laagste waarde van  $B$  bepaald, zodanig dat geldt dat  $Q_D^N(B) < \varepsilon$ , waarbij  $N$  gelijk is aan het aantal bronnen,  $D$  gelijk is aan  $N / \rho$  en  $Q_D^N(B)$  de formule is zoals hierboven gegeven of een voldoende nauwkeurige benadering daarvan. De aldus gevonden waarde van  $B$  vormt de waarde van  $B_N$ .
- Een rekenorgaan dat de berekende waarde  $B_N$  vermenigvuldigt met de constante  $K$ . Voor dit resultaat, hier te noemen  $B_{NK}$ , geldt dat het mogelijk is  $N$  denkbeeldige, identieke verkeersstromen, ieder met burstgrootte  $K$ , te multiplexen, gebruikmakend van een buffer met grootte  $B_{NK}$ , zodanig dat de kans op celverlies ten gevolge van buffer-overloop de gegeven waarde  $\varepsilon$  niet zal overschrijden. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de gemiddelde bezettingsgraad aan de uitgang van de buffer gelijk is aan  $\rho$ .
- Een rekenorgaan dat de som bepaalt van de berekende waarden voor  $B_s$  en  $B_{NK}$ . Deze waarde wordt hier aangeduid met  $B_R$ .

- Een orgaan dat de berekende waarde  $B_R$  vergelijkt met de gegeven capaciteit  $B$  van het uitgangsbuffer. Indien de waarde van  $B_R$  kleiner of gelijk is aan  $B$ , dan is de uitkomst van het deelorgaan positief; indien de waarde van  $B_R$  groter is dan  $B$ , dan is de uitkomst van het deelorgaan negatief.

De werking van het orgaan zal hierna aan de hand van een uitvoeringsvoorbeeld nader worden toegelicht.

#### FIGUURBESCHRIJVING

- 10 Figuur 1 toont een CAC orgaan in het algemeen. De verkeersparameters (PCR en CDVT) van een willekeurige aantal reeds bestaande ATM verbindingen  $v_1 \dots v_{N-1}$  worden aangeboden aan het CAC orgaan, alsmede de verkeersparameters van een nieuw aangevraagde ATM verbinding  $v_N$ . Daarnaast wordt een maximaal
- 15 toelaatbare celverlieskans-parameter  $\epsilon$  aangeboden, alsmede de van toepassing zijnde buffercapaciteit  $B$  en linkcapaciteit  $C$ . Tevens wordt een maximaal toelaatbare bezettingsgraad  $\rho$  aangeboden. De uitkomst van het orgaan is een "admit/reject"-signaal, op grond waarvan de aangevraagde ATM connectie  $v_N$  al
- 20 dan tot de ATM switch wordt toegelaten.

Figuur 2 toont schematisch een overzicht van een CAC orgaan volgens de uitvinding. Het CAC orgaan is opgebouwd uit een deelorgaan 1 en een deelorgaan 2. Elk deelorgaan kan een positief ("admit") of een negatief ("reject") signaal afgeven.

- 25 Beide signalen worden aangeboden aan een logische AND-poort 3, waarvan het uitgangssignaal alleen positief is als beide ingangssignalen positief zijn.

Figuur 3 toont deelorgaan 1 meer in detail. De PCR waarden van de  $N$  ATM verbindingen worden gesommeerd ( $\Sigma PCR$ ) in een orgaan 4.

- 30 In een orgaan 5 wordt de totale capaciteit  $C$  van de uitgangspoort vermenigvuldigd met een van te voren vastgestelde coëfficiënt  $p$  ( $0 < p < 1$ ), overeenkomstig de gewenste maximale

belasting. De uitkomst van het rekenorgaan 6 is positief indien de in orgaan 4 berekende waarde van  $\Sigma PCR$  kleiner is dan of gelijk is aan het door orgaan 5 berekende product  $p \times C$ ; als dat niet het geval is, is de uitkomst negatief.

- 5    Figuur 4 toont schematisch het deelorgaan 2. De verkeersparameters van ATM verbinding  $i$  worden gevormd door de grootheden Peak Cell Rate( $PCR_i$ ) en Cell Delay Variation ( $CDVT_i$ ). Voor elke verbinding omvat het deelorgaan 2 een processor 7, die meer in detail in figuur 5 wordt getoond. Elk
- 10   der processors 7 berekent door vermenigvuldiging, in een orgaan 13 (zie figuur 5), van de twee genoemde verkeersparameters de maximale burstgrootte  $b_{max,i}$ . Het verschil tussen  $b_{max,i}$  en  $K$  ( $b_{max,i} - K$ ) wordt berekend door een orgaan 14. Indien dit verschil 0 of positief is, wat door een orgaan 15 wordt
- 15   geverifieerd, dan is  $b_{s,i}$  gelijk aan het berekende verschil  $b_{max,i} - K$ ; als het verschil kleiner dan 0 is, is  $b_{s,i}$  gelijk aan 0. Deelorgaan 2 (zie weer figuur 4) bestaat uit een aantal processors 7, één voor iedere ATM-verbinding. De  $b_{s,i}$  -
- 20   resultaten van iedere processor 7 worden gesommeerd in een orgaan 8 en resulteren in een totale waarde  $B_s$ . Het totale aantal ATM verbindingen  $N$  wordt ingevoerd in rekenmodule 9. Door deze module wordt de laagste waarde van  $B$  bepaald, zodanig dat geldt dat  $Q_0^N(B) < \epsilon$ . Dit resulteert in een waarde  $B_N$ . Deze
- 25   waarde  $B_N$  wordt in een orgaan 10 vermenigvuldigd met de constante waarde  $K$  en vormt de waarde  $B_{NK}$ . Tenslotte sommeert een orgaan 11 de waarden  $B_s$  en  $B_{NK}$  en vergelijkt een orgaan 12 die gesommeerde waarde met de gegeven beschikbare buffergrootte  $B$ . Indien  $B_s + B_{NK}$  kleiner is dan of gelijk aan  $B$  dan is wordt een positief, "admit" signaal afgegeven, of anders een negatief,
- 30   "reject" signaal.

## REFERENCES

[I.371] ITU-T I.371: Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN; ITU-T recommendation I.371 (08/96); Geneva, August 1996.

- 5 [E.736] ITU Telecommunication Standardization Sector, Draft Recommendation E.736, "Methods for Cell Level Traffic Control in B-ISDN", 10 January 1997.

[Mign96] J. Mignault, A. Gravey, C. Rosenberg, "A survey of straightforward statistical multiplexing models for ATM  
10 networks", Telecommunication Systems 5 (1996) 177-208.

[Grav97] A. Gravey, J. Boyer, K. Sevilla, J. Mignault, Resource Allocation for Worst Case Traffic in ATM networks, Performance Evaluation 30 (1997), 19-43.

[COST242] J. Roberts, U. Mocci, J. Virtamo (eds.), Broadband  
15 Network TeleTraffic -performance evaluation and design of broadband multiservice networks- Final Report of Action, COST 242, Lecture Notes in Computer Science Vol 1155, Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg, 1996, ISBN 3-540-61815-5

[Cidon95] I. Cidon, R. Guérin, I. Kessler and A. Khamisy,  
20 Analysis of a statistical multiplexer with generalized periodic sources, Queuing Systems 20 (1995) 139-169.

[I.356] ITU-T I.356: B-ISDN ATM layer cell transfer performance; ITU-T recommendation I.356 (10/96); Geneva, October 1996.

## CONCLUSIES

1. Orgaan voor Connection Admission Control voor een ATM switch, bedoeld voor het tot de switch toelaten van een  
 5 aangevraagde ATM verbinding van het DBR type, zodanig dat de "Quality of Service" van alle ATM verbindingen van het DBR type in genoemde switch aan zekere voorwaarden blijven voldoen, waarbij voor de samengestelde verkeersstroom van DBR verbindingen op een uitgangspoort met capaciteit C een  
 10 enkelvoudige buffer met capaciteit B beschikbaar is, terwijl als randvoorwaarde geldt dat de totale gemiddelde belasting van de uitgangspoort niet meer bedraagt dan  $\rho \times C$ , waarbij  $\rho$  een constante is met een waarde tussen 0 en 1, **met het kenmerk** dat het orgaan twee deel-organen omvat, die ieder  
 15 een positief of negatief toelatingssignaal afgeven, waarbij slechts indien beide deel-organen een positief toelatingssignaal afgeven, aan de nieuwe ATM verbinding toegang tot de switch wordt verleend,  
 welk eerste deelorgaan (1) omvat:

- 20     ◦ een eerste rekenorgaan (4) dat de som ( $\Sigma PCR$ ) berekent van de nominale verkeersparameters Peak Cell Rate ( $PCR_i$ ) van ieder van de ATM verbindingen van het DBR type op de betreffende uitgangspoort, inclusief de nieuw aangevraagde verbinding;
- 25     ◦ een tweede rekenorgaan (6) dat die berekende som ( $\Sigma PCR$ ) vergelijkt met de waarde van  $\rho \times C$ , waarbij indien  $\Sigma PCR$  groter is dan  $\rho \times C$  de uitkomst van het eerste deelorgaan negatief is, terwijl, indien  $\Sigma PCR$  kleiner of gelijk is aan  $\rho \times C$ , de uitkomst van het deelorgaan  
 30     positief is;

en welk tweede deelorgaan (2) omvat:



- voor elk van ATM verbindingen van het DBR type op de betreffende uitgangspoort, inclusief de nieuw aangevraagde, een derde rekenorgaan (7), dat een buffercapaciteit  $b_{s,i}$  berekent, waarbij de waarde van  $b_{s,i}$  gelijk is aan nul indien het product van de nominale Peak Cell Rate ( $PCR_i$ ) en Cell Delay Variation Tolerantie ( $CDVT_i$ ) van de betreffende verbinding kleiner is dan of gelijk is aan de constante  $K$ , terwijl de waarde van  $b_{s,i}$  gelijk is aan genoemd product verminderd met de waarde  $K$ , indien genoemd product groter is dan  $K$ ;
- een vierde rekenorgaan (8), dat de som ( $B_s$ ) van de berekende waarden  $b_{s,i}$  voor alle ATM verbindingen op de betreffende uitgangspoort berekent;
- een vijfde rekenorgaan (9), dat een buffercapaciteit  $B_N$  berekent, zodanig dat bij multiplexing van  $N$  onafhankelijke, identieke en ideale ( $CDVT = 0$ ) verkeersstromen met gebruikmaking van een enkelvoudig buffer met buffercapaciteit  $B_N$ , en onder de aanname van een maximale linkbelasting ter waarde van  $\rho$ , de gemiddelde kans op celverlies ten gevolge van bufferoverloop de gegeven waarde  $\epsilon$  niet zal overschrijden;
- een zesde rekenorgaan (10) dat het produkt ( $B_{NK}$ ) berekent van de waarde  $B_N$  en de constante waarde  $K$ ;
- een zevende rekenorgaan (11), dat de som ( $B_R$ ) bepaalt van de berekende waarden voor  $B_s$  en  $B_{NK}$ ;
- een vergelijkingsorgaan (12), dat de berekende som  $B_R$  vergelijkt met de gegeven capaciteit  $B$  van de uitgangsbuffer, waarbij, indien de waarde van  $B_R$  kleiner of gelijk is aan  $B$ , een positief toelatingssignaal wordt afgegeven, terwijl een negatief toelatingssignaal wordt afgegeven indien de waarde van  $B_R$  groter is dan  $B$ .

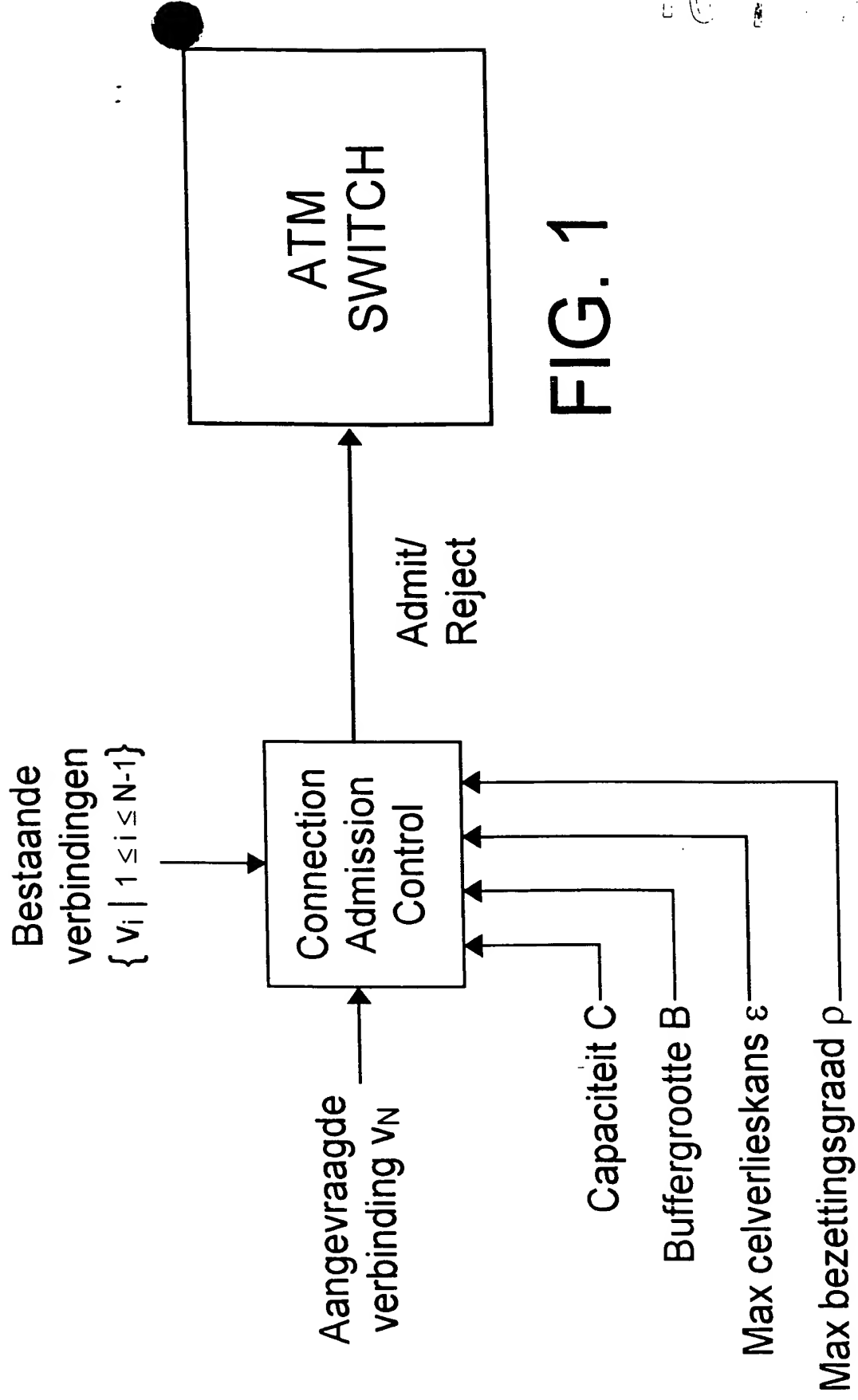


FIG. 1

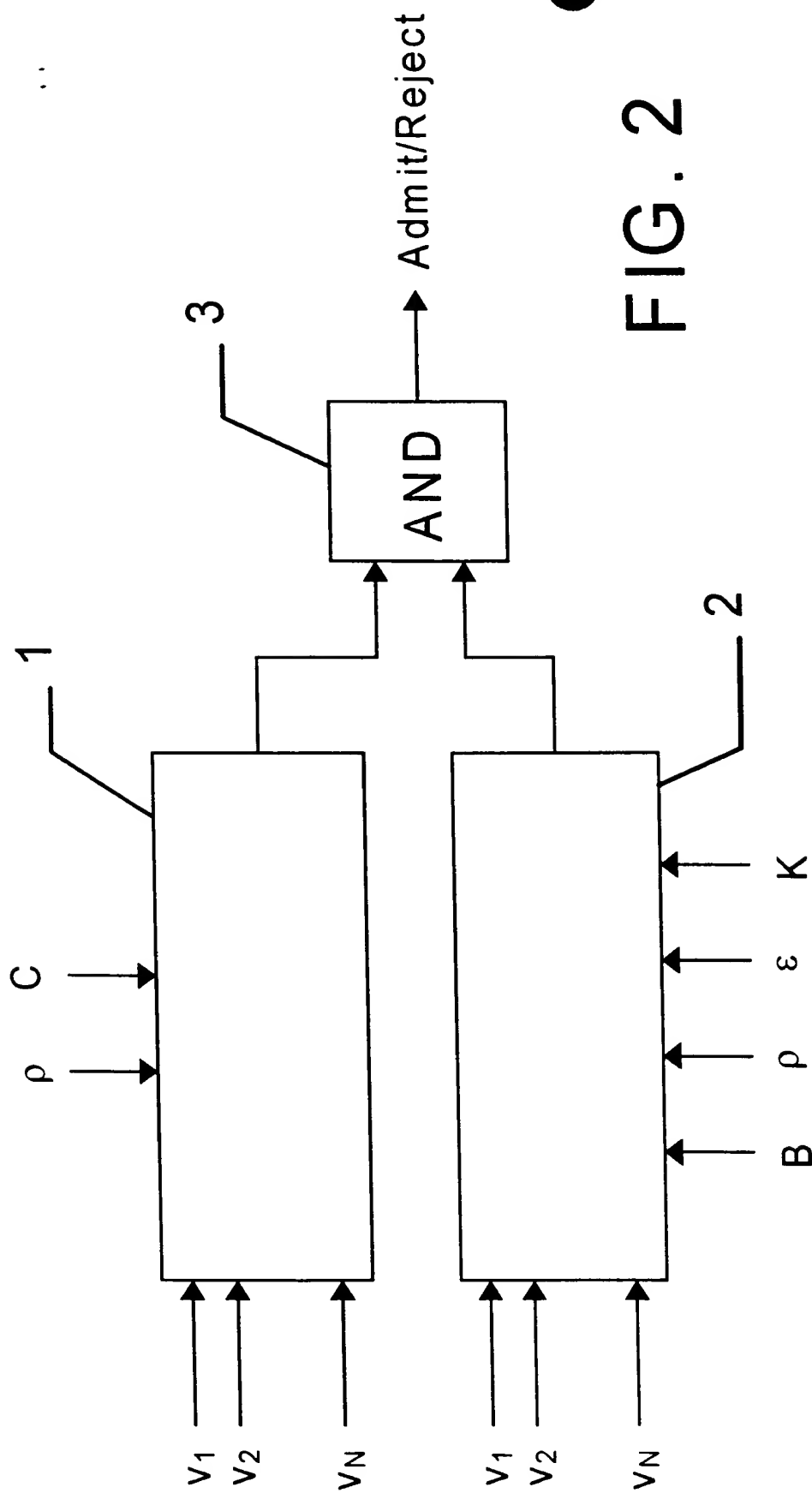


FIG. 2

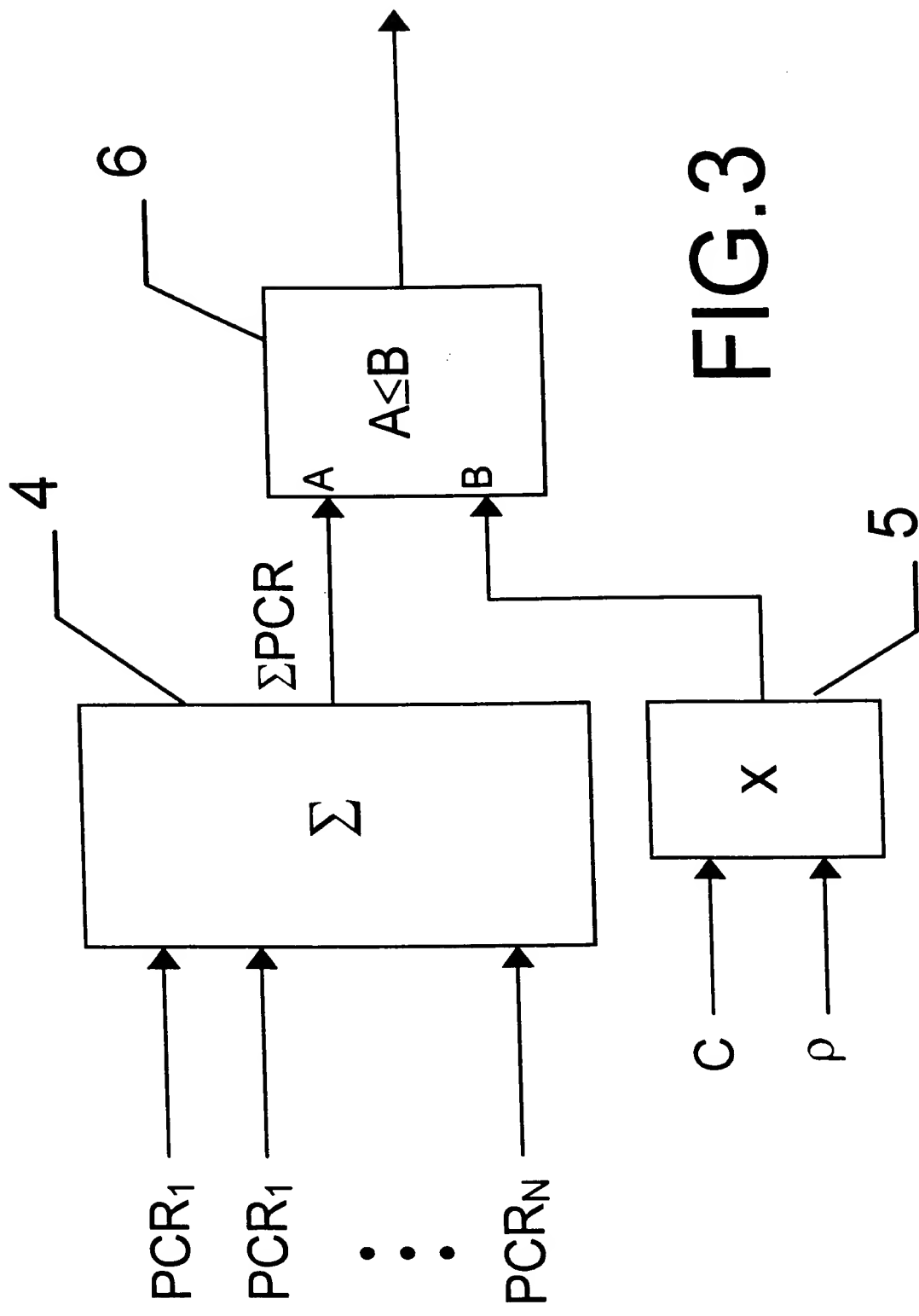


FIG.3

1010283

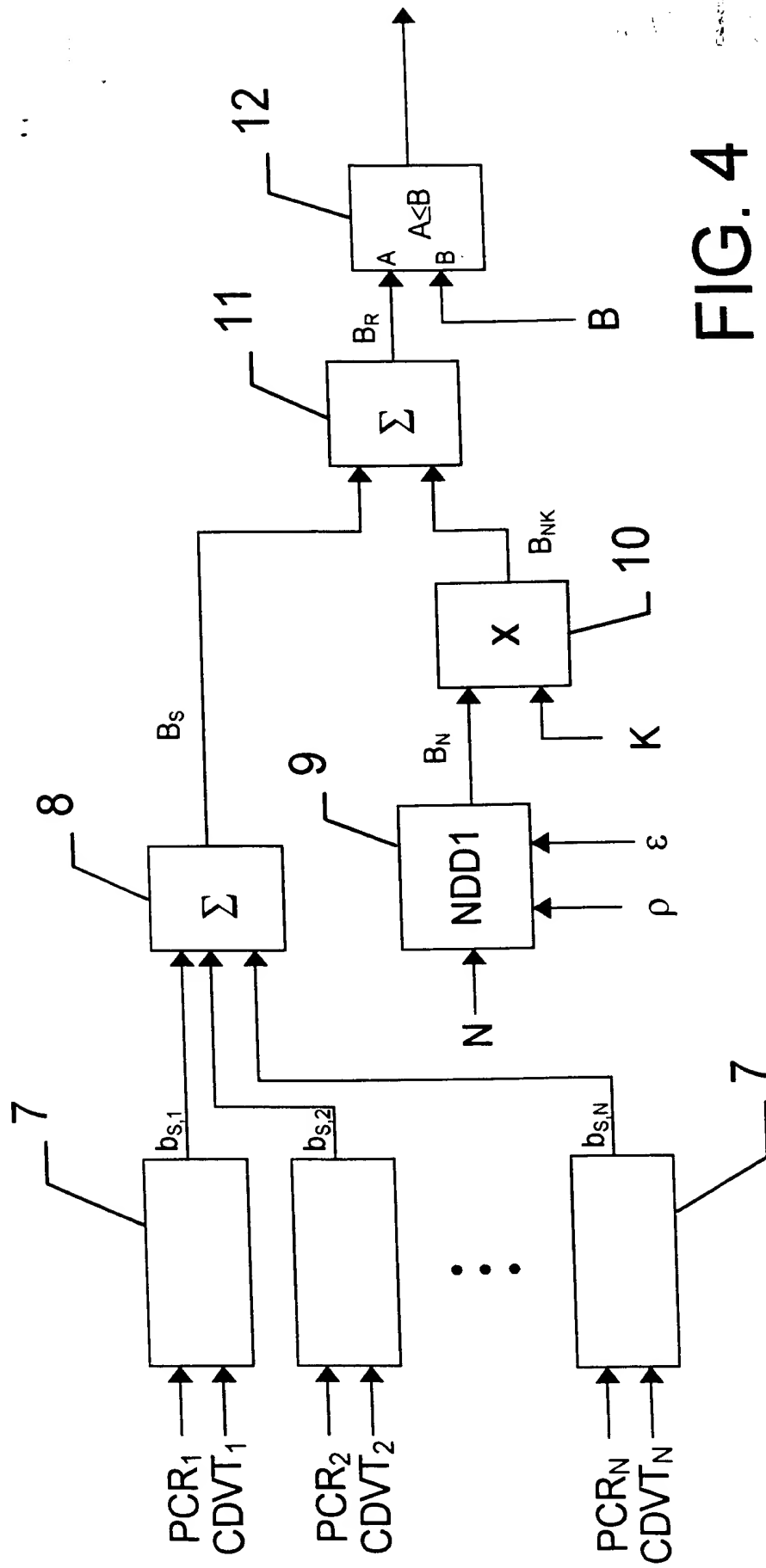


FIG. 4

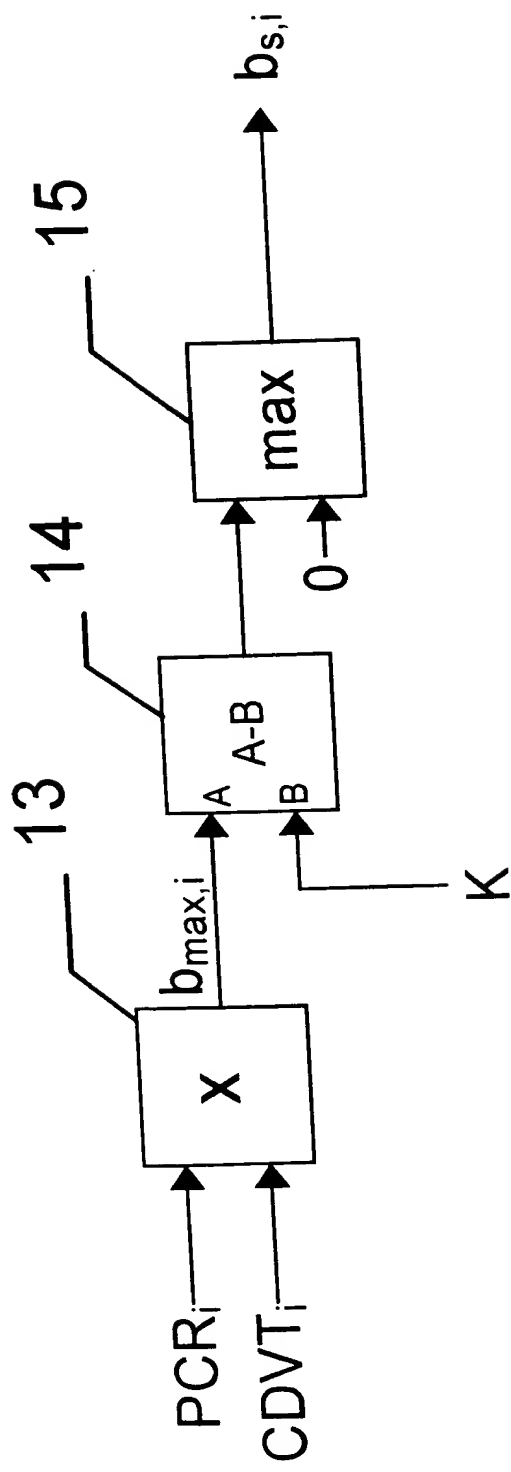


FIG. 5

KINGDOM OF THE (crest) NETHERLANDS

PATENT OFFICE

This certifies that in the Netherlands, on 12 October 1998, a patent application was filed  
under number 1010295, in the name of:

**Koninklijke KPN N.V.**

of Groningen

for: "ATM connection admission control device for DBR connections."

Rijswijk, 16 Augustus 1999.

On behalf of the Chairman of the Patent Office,

(signature)

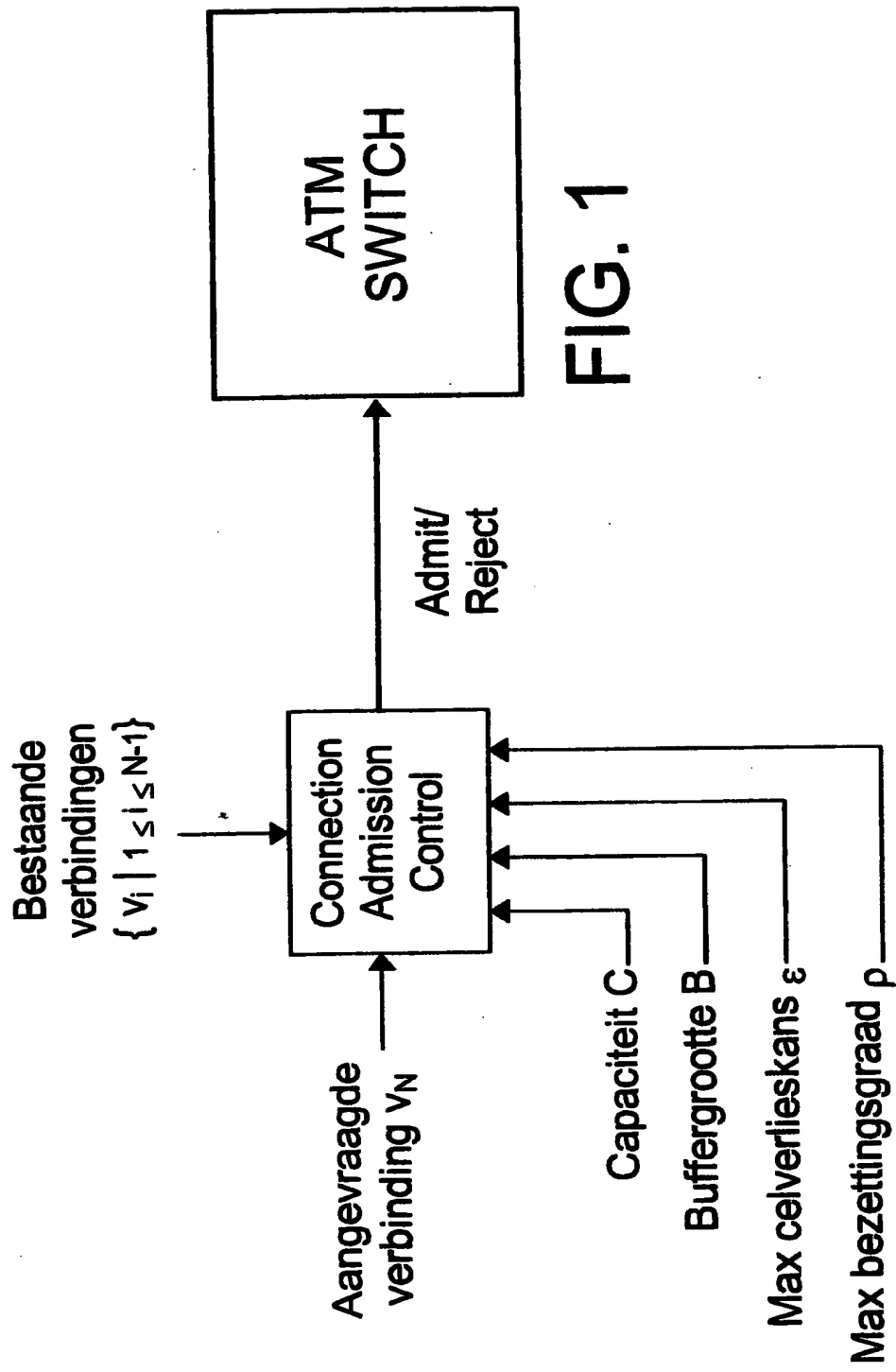
(mrs.I.W. Scheevelenbos-de Reus)

ABSTRACT

A device for Connection Admission Control for an ATM switch, intended for admitting to the switch a requested ATM connection of the DBR type, such that the "Quality of Service" of all ATM connections of the DBR type in said switch continues to satisfy certain conditions. For the composite traffic stream of DBR connections at an output port with capacity C, a single buffer with capacity B is available, while as boundary condition it holds that the total average load of the output port does not amount to more than  $\rho \times C$ , where  $\rho$  is a constant with a value between 0 and 1. The CAC device comprises two sub-devices, which each execute a - rather complex - partial calculation, resulting in a positive or negative admission signal. The new ATM connection is only granted admission to the switch if both sub-devices emit a positive admission signal.

(FIG. 1)





**FIG. 1**

Title: ATM Connection Admission Control device for DBR connections

## BACKGROUND OF THE INVENTION

The invention is related to a device for Connection Admission  
5 Control (CAC) for an ATM switch, intended for admitting to said  
ATM switch an additional traffic stream, via an additional ATM  
connection of the DBR type, such that the "Quality of Service"  
of all DBR connections in said switch continues to meet certain  
conditions, a single buffer with capacity B being available for  
10 the composite traffic stream of all DBR connections at an  
output port with capacity C, while, as boundary condition, the  
total average load of the output port does not amount to more  
than  $\rho \times C$ , where  $\rho$  is a constant with a value between 0 and 1.

### General

15 Asynchronous Transfer Mode (ATM) is a network technique  
allowing connections to be made in a uniform manner with  
varying characteristics. The transport of data takes place by  
means of uniform cells with a length of 53 octets. With the aid  
of ATM, connections can be established with varying network  
20 guarantees with respect to cell loss, cell delay, cell delay  
variation and throughput by selecting a "Quality of Service"  
(QoS) class [I.356] and an "ATM Transfer Capability" (ATC)  
[I.371].

Guaranteeing the values of the QoS parameters in advance is a  
25 characteristic which is focussed upon in ATM networks. In order  
to satisfy certain (possibly very stringent) requirements with  
respect to the Quality of Service in advance, including the  
cell loss probability, a decision must be made for each  
requested connection whether the latter can or cannot be  
30 admitted to an ATM switch. Connections are only admitted if the  
Quality of Service of the connections which make use of the ATM

switch do not exceed the limits set in advance. The entirety of methods which determine admittance or non-admittance of a requested ATM connection is called a Connection Admission Control (CAC) algorithm, a device for executing a CAC algorithm  
5 being called a CAC device.

The said "ATM Transfer Capability" (ATC) describes the parameters by which an ATM connection is characterised. The ATC referred to here comprises the "Deterministic Bit Rate" (DBR) which is established in [I.371]. In this case, an ATM  
10 connection is characterised by two parameters: the Peak Cell Rate (PCR) and the Cell Delay Variation Tolerance (CDVT). The PCR represents the maximum speed at which a connection may drive cells; the CDVT is a measure for the tolerance in the PCR. The entity CDVT denotes the degree in which the actual  
15 speed may exceed the PCR during (as a rule very short) periods of time. In order to guarantee the Quality of Service of all connections, a Usage Parameter Control (UPC) device monitors whether each of the connections indeed satisfies its characteristic during the operating period of a connection. If  
20 this is not the case, then the UPC device can resort to removing cells of the related connection from the traffic stream.

The invention relates, as indicated above, to a device which can be used for the CAC of an ATM switch, and indeed in  
25 particular for connections which satisfy the specifications of the "Deterministic Bit Rate" Transfer Capability.

#### THE PRIOR ART

A simple but inaccurate method for executing CAC for connections which are characterised by values for PCR and CDVT,  
30 is leaving the last parameter completely out of consideration. The method then restricts itself to determining whether sufficient capacity is available for the sum of the peak cell rates of the connections at the related output port. In this case, two matters are disregarded:

The fact that the traffic streams of the various connections consist of discrete cells, instead of continuous streams. As a result, several cells can be routed to one specific output port at (approximately) the same time when various traffic streams are mixed. In order to prevent cell loss in such situations, it is customary to use an output buffer. The said simple method for CAC, however, does not take into account the consequences of such a buffer, such as cell loss as a result of a finite buffer capacity and delay.

The fact that the traffic streams of the various connections can show fluctuations, in which case the momentary cell rate can temporarily exceed the nominal peak cell rate. Said fluctuations are possible if the Cell Delay Variation Tolerance (CDVT) of the connections is greater than zero. Through said fluctuations it is possible that, when an output buffer is used, the required amount of buffer capacity is, in reality, greater than that for "ideal" DBR connections (with CDVT being equal to 0). This can lead to unforeseen cell loss and/or extra delay.

The literature describes a number of methods in which the above-mentioned two problems are recognised and both the discrete character of ATM traffic streams as well as the fact that the momentary cell rate of a connection can temporarily exceed its PCR are taken into account. In [E.736] it is described that this problem can be solved by either "shaping" all traffic streams (that is to say, delaying cells in such a way that the cells of the resulting traffic streams have an intermediate arrival time of exactly  $1/PCR$ ). The resulting traffic stream can then be characterised by a CDVT which is equal to 0.

In the aforementioned reference, the "maximum burst rate" is introduced of a connection which is characterised by values for PCR and CDVT. Said maximum burst rate is the required buffer capacity to lead the related traffic stream, in an ideal

situation and without cell loss, over an imaginary buffer (without mixing of other traffic streams), assuming that the said imaginary buffer has a constant exit speed equal to PCR.

In [Gravey97] a solution with "shaping" is also proposed,  
 5 albeit that connections are shaped such that their maximum burst rate is limited and small (smaller than or equal to 2).

A disadvantage of said methods is that "shaping" is not possible with all ATM switches and that introducing extra shapers in the network can be undesirable. For these reasons,  
 10 [E.736] also describes a method for the case that connections have a known maximum burst rate,  $b_{MAX}$ . Said connections are then approximated by a  $b_{MAX}$  batch Poisson process. This method has the disadvantage of (1) the Poisson process being an over-estimation of the traffic, which leads to less connections  
 15 being able to be admitted than is actually possible on the basis of the required QoS guarantees, and (2) the assumption of an unequivocally determined  $b_{MAX}$  for all connections, which can be unnecessarily inefficient in practice. In practice, namely, said value for  $b_{MAX}$  could be quite high. In [Gravey97] it is  
 20 shown that the maximally allowable load of the ATM network decreases for increasing values of  $b_{MAX}$ .

[COST242] describes the method essentially as in [E.736], but refines it. The maximum batches which are used for approximation by Poisson batches do not always need to be the  
 25 same as in [E.736], but are dependent upon the speed of the multiplexer. For a universally valid model, the batches must indeed be just as large as those of a Poisson process by which the traffic stream is approximated.

[Mignau96] describes methods which are not based on the Poisson  
 30 method but on the NxD/D/1- method, which is described below. For sources in which the maximum burst rate can assume exactly two values, a complex model is described in [Cidon95]. Said model is numerically unstable, however, and requires long calculation times.

The Nx D/D/1-model.

One of the models on which the present invention is based is the Nx D/D/1 - model. This model provides the probability distribution of the length of the queue in a system consisting of a buffer which is controlled by one server. Said system is supplied by N ideal (i.e. CDVT equal to 0) and equal traffic streams, each having an inter-cell arrival time of magnitude D and with initial starting times uniformly distributed over an interval of magnitude D. The unit of time is the time required to control one cell. In [Cost242] it is put forward that the probability of the buffer use exceeding a certain value B is equal to:

$$\sum_{n=B+1}^N \binom{N}{n} \left( \frac{n-B}{D} \right)^n \left( 1 - \frac{n-B}{D} \right)^{N-n} \frac{D-N+B}{D-n+B}.$$

This formula will be designated here by  $Q_D^N(B)$ . In [COST242] it is also put forward that this formula also provides a good upper limit for the probability of excess if the streams have different inter-cell arrival times.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

The invention seeks to provide in a device of the kind indicated in the preamble, which is pre-eminently suitable as CAC for ATM connections of the DBR type, in which both the discrete character of the traffic streams as well as the fact that the cell rate of each of the individual connections can show fluctuations above its nominal peak cell rate are taken into account. It distinguishes itself favourably from CAC devices based on the methods in the literature with respect to the following aspects:

- More efficient: the device according to the invention has the property that the maximum number of connections able to be

mixed is not limited much more than strictly necessary to prevent buffer overflow and thereby cell loss.

- Better suited to practical situations: in the current ATM networks, it is customary to select the CDVT such that this is a constant when it is expressed in the unit of time, which has as a result that the previously defined maximum burst rate  $b_{MAX}$  is dependent upon the peak cell rate of the connection; for this reason no unequivocal maximum burst rate can be established, which is a point of departure for the methods in the literature.

Better practical applicability: the method used by the device according to the invention is practically applicable, numerically stable and has a faster calculation time.

- Although the methods in the literature are also practically applicable, the CAC device according to the invention combines a high efficiency with practical applicability. The CAC device according to the invention also provides the possibility of optimising the maximum number of allowable connections by selecting a certain value for the freely selectable constant  $K$ , albeit that this must be a whole number greater than or equal to 0. In many cases, the optimal value for  $K$  will depend on the most frequently occurring values of the CDVT of the ATM connections.

- The CAC device according to the invention comprises two sub-devices, each issuing a positive or negative result (signal).

The result of the whole device will be positive only if both sub-devices issue a positive result (signal), and only then will a new connection to the ATM switch be grantable. The first sub-device determines whether sufficient bandwidth is available for the set of connections  $V$ , of which each connection  $v_i$  is characterised by values for  $PCR_i$  and  $CDVT_i$ , which, after possible admission of the new connection, will make use of a certain output port; the second sub-device determines whether

the available buffer capacity for the related port is sufficient.

The first sub-device comprises:

- An arithmetic unit which determines the sum ( $\Sigma PCR$ ) of the values of  $PCR_i$  of each of the connections  $v_i$  of the set  $V$ . Said sum is subsequently compared with the product of  $\rho$  and  $C$ . If the said sum is less than or equal to said product, then the result of the sub-device is positive; otherwise the result is negative.

The second sub-device comprises:

- An arithmetic unit which calculates a certain buffer size  $b_{s,i}$  for each of the connections  $v_i$  of the set  $V$ . Said buffer size is equal to either  $b_{max,i}$  minus the constant value  $K$  if  $b_{max,i}$  is greater than or equal to  $K$ , or equal to 0 if  $b_{max,i}$  is less than  $K$ . For buffer size  $b_{max,i}$  it holds that it is possible, in an ideal situation, to conduct the related traffic stream without cell loss over an imaginary buffer with buffer size  $b_{max,i}$  and exit speed  $PCR_i$  (without mixing with other traffic streams).  $b_{max,i}$  is calculated by the device by determination of the product of  $PCR_i$  and  $CDVT_i$ .

An arithmetic unit which determines the sum of the calculated values  $b_{s,i}$  for all connections of the set  $V$ . Said sum will be designated here by  $B_s$ .

- An arithmetic unit which determines a buffer size  $B_N$ , for which it holds that it is possible to multiplex  $N$  imaginary, identical traffic streams with constant cell rate, using a buffer of size  $B_N$ , and indeed such that the probability of cell loss as a result of buffer overflow will not exceed the given value of  $\epsilon$ .  $N$  is here the number of connections in set  $V$ . It is also assumed that the average degree of occupation at the output of the buffer is equal to  $\rho$ . The buffer capacity  $B_N$  is determined by application of the previously introduced  $NxD/D/1$  model, where the probability of a buffer



level of B cells being exceeded is designated by  $Q_D^N(B)$ . The arithmetic unit determines the lowest value of B, such that  $Q_D^N(B) < \epsilon$ , where N is equal to the number of sources, D is equal to  $N / \rho$  and  $Q_D^N(B)$  is the formula as given above or a sufficiently accurate approximation thereof. The value of B found in this way forms the value of  $B_N$ .

An arithmetic unit which multiplies the calculated value  $B_N$  by the constant K. For this result, to be referred to here as  $B_{NK}$ , it holds that it is possible to multiplex N imaginary, identical traffic streams, each with a burst rate of K, using a buffer of size  $B_{NK}$ , such that the probability of cell loss as a result of buffer overflow will not exceed the given value of  $\epsilon$ . In this regard it will be assumed that the average degree of occupation at the output of the buffer is equal to  $\rho$ .

- An arithmetic unit which determines the sum of the calculated values for  $B_s$  and  $B_{NK}$ . Said value is designated here by  $B_R$ .

A device which compares the calculated value of  $B_R$  with the given capacity B of the output buffer. If the value of  $B_R$  is less than or equal to B, then the result of the sub-device is positive; if the value of  $B_R$  is greater than B, then the result of the sub-device is negative.

The operation of the device will be further explained hereinafter with reference to an implementation example.

#### DESCRIPTION OF THE FIGURE

Fig. 1 shows a CAC device in general. The traffic parameters (PCR and CDVT) of an arbitrary number of already existing ATM connections  $v_1 \dots v_{N-1}$  are supplied to the CAC device, as well as the traffic parameters of a newly requested ATM connection  $v_N$ .

A maximally allowable cell loss probability parameter  $\epsilon$  is furthermore supplied, as well as the applicable buffer capacity B and link capacity C. A maximally allowable degree of

occupation  $p$  is also supplied. The result of the device is an "admit/reject" signal, on the basis of which the requested ATM connection  $v_N$  is or is not admitted to the ATM switch.

Fig. 2 shows a diagrammatic overview of a CAC device according to the invention. The CAC device is composed of a sub-device 1 and a sub-device 2. Each sub-device can emit a positive ("admit") or a negative ("reject") signal. Both signals are supplied to a logical AND port 3, of which the output signal is only positive if both input signals are positive.

Fig. 3 shows sub-device 1 in more detail. The PCR values of the  $N$  ATM connections are summed ( $\Sigma PCR$ ) in a device 4. In a device 5, the total capacity  $C$  of the output port is multiplied by a previously established coefficient  $p$  ( $0 < p < 1$ ), corresponding to the desired maximum load. The result of the arithmetic unit 6 is positive if the value of  $\Sigma PCR$  calculated in device 4 is less than or equal to the product of  $p \times C$  calculated by device 5; if that is not the case, the result is negative.

Fig. 4 diagrammatically shows the sub-device 2. The traffic parameters of ATM connection  $i$  are formed by the entities Peak Cell Rate ( $PCR_i$ ) and Cell Delay Variation ( $CDVT_i$ ). For each connection the sub-device 2 comprises a processor 7, which is shown in more detail in Fig. 5. In a device 13 (see Fig. 5), each of the processors 7 calculates by multiplication the maximum burst rate  $b_{max,i}$  of the two said traffic parameters. The difference between  $b_{max,i}$  and  $K$  ( $b_{max,i} - K$ ) is calculated by a device 14. If this difference is 0 or positive, which is verified by a device 15, then  $b_{s,i}$  is equal to the calculated difference of  $b_{max,i} - K$ ; if the difference is less than 0,  $b_{s,i}$  is equal to 0. Sub-device 2 (see Fig. 4 again) consists of a number of processors 7, one for each ATM connection. The  $b_{s,i}$  results of each processor 7 are summed in a device 8 and result in a total value of  $B_s$ . The total number of ATM connections  $N$  is entered in arithmetic module 9. Said module determines the lowest value of  $B$ , such that  $Q_D^N(B) < \varepsilon$ . This results in a value

$B_N$ . Said value  $B_N$  is multiplied by the constant value  $K$  in a device 10 and forms the value  $B_{NK}$ . Finally, a device 11 sums the values of  $B_S$  and  $B_{NK}$  and a device 12 compares the summed value with the given available buffer size  $B$ . If  $B_S + B_{NK}$  is less than or equal to  $B$ , then a positive "admit" signal, or otherwise a negative "reject" signal, is emitted.

#### REFERENCES

- [I.371] ITU-T I.371: Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN; ITU-T recommendation I.371 (08/96); Geneva, August 1996.
- [E.736] ITU Telecommunication Standardization Sector, Draft Recommendation E.736, "Methods for Cell Level Traffic Control in B-ISDN", 10 January 1997.
- [Mign96] J. Mignault, A. Gravey, C. Rosenberg, "A survey of straightforward statistical multiplexing models for ATM networks", Telecommunication Systems 5 (1996) 177-208.
- [Grav97] A. Gravey, J. Boyer, K. Sevilla, J. Mignault, Resource Allocation for Worst Case Traffic in ATM networks, Performance Evaluation 30 (1997), 19-43.
- [COST242] J. Roberts, U. Mocci, J. Virtamo (eds.), Broadband Network TeleTraffic -performance evaluation and design of broadband multiservice networks- Final Report of Action, COST 242, Lecture Notes in Computer Science Vol 1155, Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg, 1996, ISBN 3-540-61815-5
- [Cidon95] I. Cidon, R. Guérin, I. Kessler and A. Khamisy, Analysis of a statistical multiplexer with generalized periodic sources, Queuing Systems 20 (1995) 139-169.
- [I.356] ITU-T I.356: B-ISDN ATM layer cell transfer performance; ITU-T recommendation I.356 (10/96); Geneva, October 1996.

## CLAIMS

1. A device for Connection Admission Control for an ATM switch,  
intended for admitting to the switch a requested ATM  
connection of the DBR type, such that the "Quality of  
Service" of all ATM connections of the DBR type in said  
switch continues to satisfy certain conditions, in which a  
single buffer with capacity B is available for the composite  
traffic stream of DBR connections at an output port with  
capacity C, while as a boundary condition it holds that the  
total average load of the output port does not amount to  
more than  $\rho \times C$ , where  $\rho$  is a constant with a value between  
0 and 1, **characterised in that** the device comprises two sub-  
devices which each emit a positive or negative admission  
signal, admission to the switch only being granted to the  
new ATM connection if both sub-devices issue a positive  
admission signal,

said first sub-device (1) comprising:

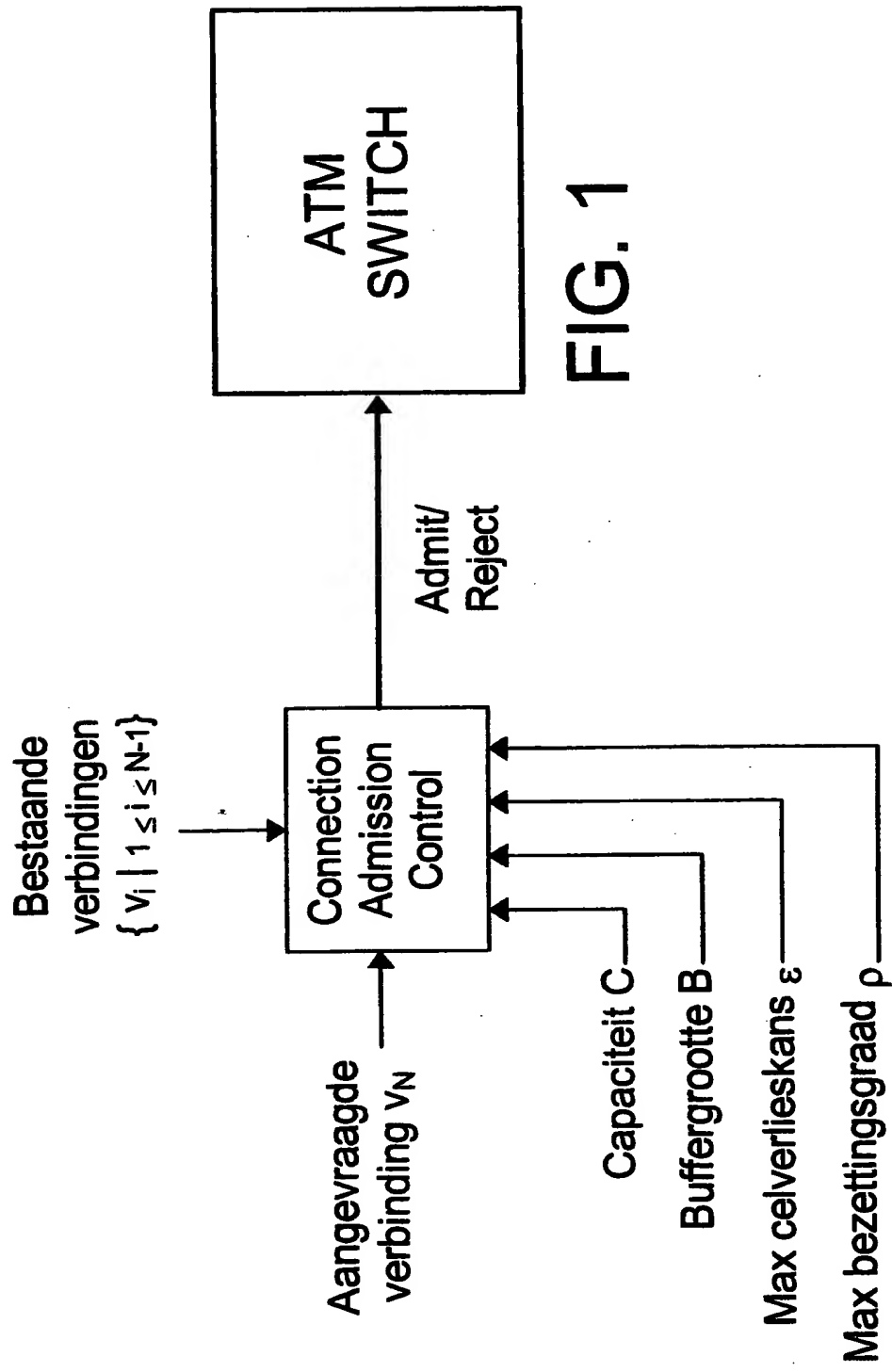
- a first arithmetic unit (4) which calculates the sum ( $\Sigma$   
PCR) of the nominal traffic parameters Peak Cell Rate  
(PCR<sub>i</sub>) of each of the ATM connections of the DBR type at  
the related output port, including the newly requested  
connection;
- a second arithmetic unit (6) which compares the  
calculated sum ( $\Sigma$ PCR) with the value of  $\rho \times C$ , the  
result of the first sub-device being negative if  $\Sigma$ PCR is  
greater than  $\rho \times C$ , and the result of the sub-device  
being positive if  $\Sigma$ PCR is less than or equal to  $\rho \times C$ ;

and said second sub-device (2) comprising:

- for each of the ATM connections of the DBR type at the  
related output port, including the newly requested  
connection, a third arithmetic unit (7), which  
calculates a buffer capacity  $b_{s,i}$ , the value of  $b_{s,i}$  being

equal to zero if the product of the nominal Peak Cell Rate ( $PCR_i$ ) and Cell Delay Variation Tolerance ( $CDVT_i$ ) of the related connection is less than or equal to the constant  $K$ , and the value of  $b_{s,i}$  being equal to said product minus the value of  $K$  if said product is greater than  $K$ ;

- a fourth arithmetic unit (8) which calculates the sum ( $B_s$ ) of the calculated values  $b_{s,i}$  for all ATM connections at the related output port;
- a fifth arithmetic unit (9) which calculates a buffer capacity  $B_N$ , such that upon multiplexing of  $N$  independent, identical and ideal ( $CDVT = 0$ ) traffic streams, using a single buffer with a buffer capacity of  $B_N$ , and assuming a maximum link load having a value of  $\rho$ , the average probability of cell loss as a result of buffer overflow will not exceed the given value of  $\epsilon$ ;
- a sixth arithmetic unit (10) which calculates the product ( $B_{NK}$ ) of the value of  $B_N$  and the constant value  $K$ ;
- a seventh arithmetic unit (11) which determines the sum ( $B_R$ ) of the calculated values for  $B_s$  and  $B_{NK}$ ;
- a comparison device (12) which compares the calculated sum  $B_R$  with the given capacity  $B$  of the output buffer, a positive admission signal being emitted if the value of  $B_R$  is less than or equal to  $B$ , and a negative admission signal being emitted if the value of  $B_R$  is greater than  $B$ .



**FIG. 1**

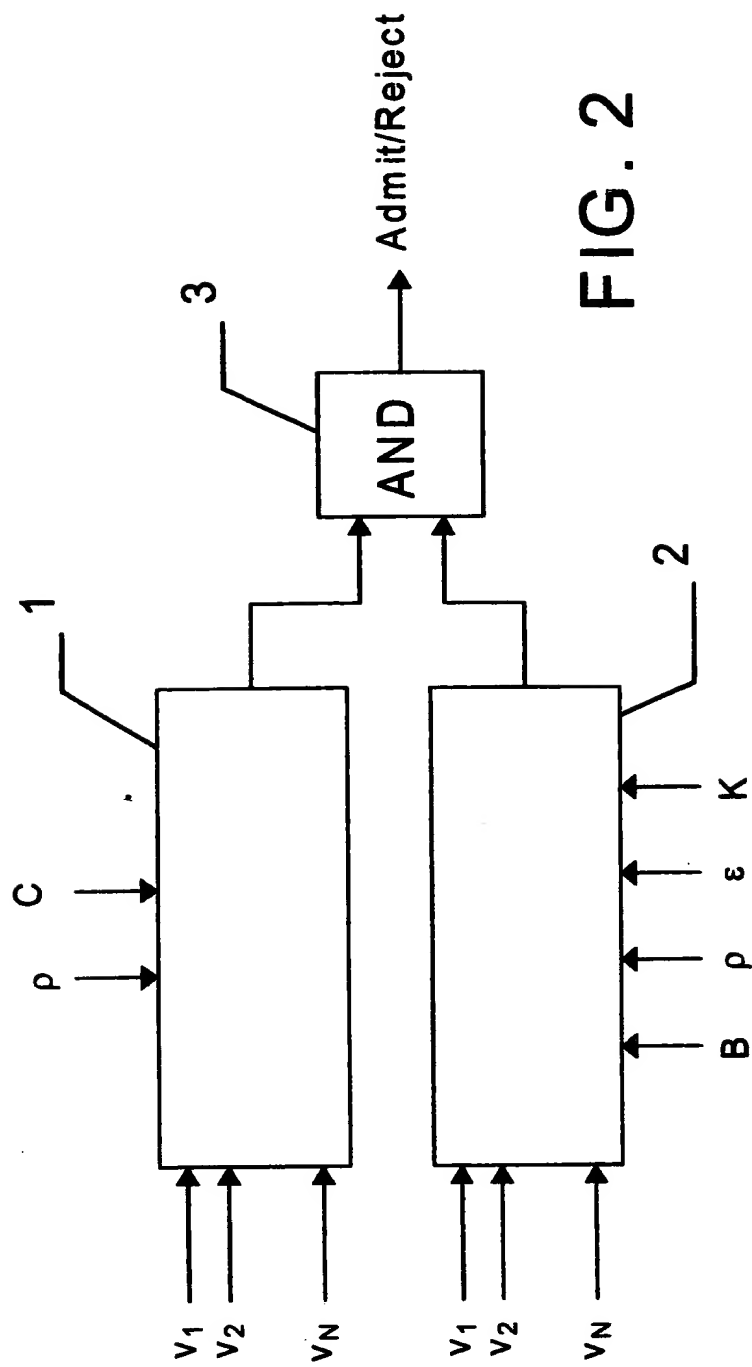


FIG. 2

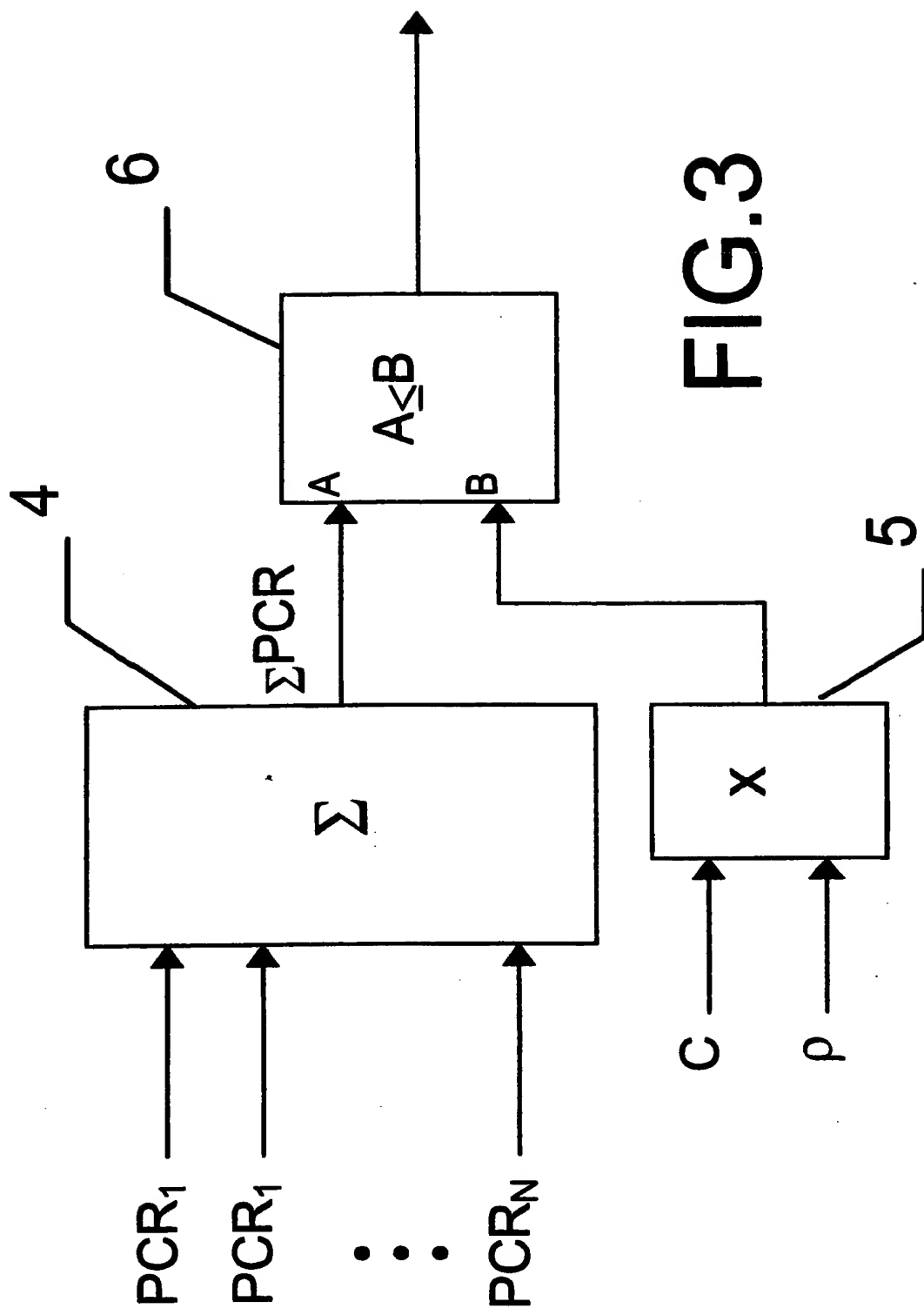


FIG.3



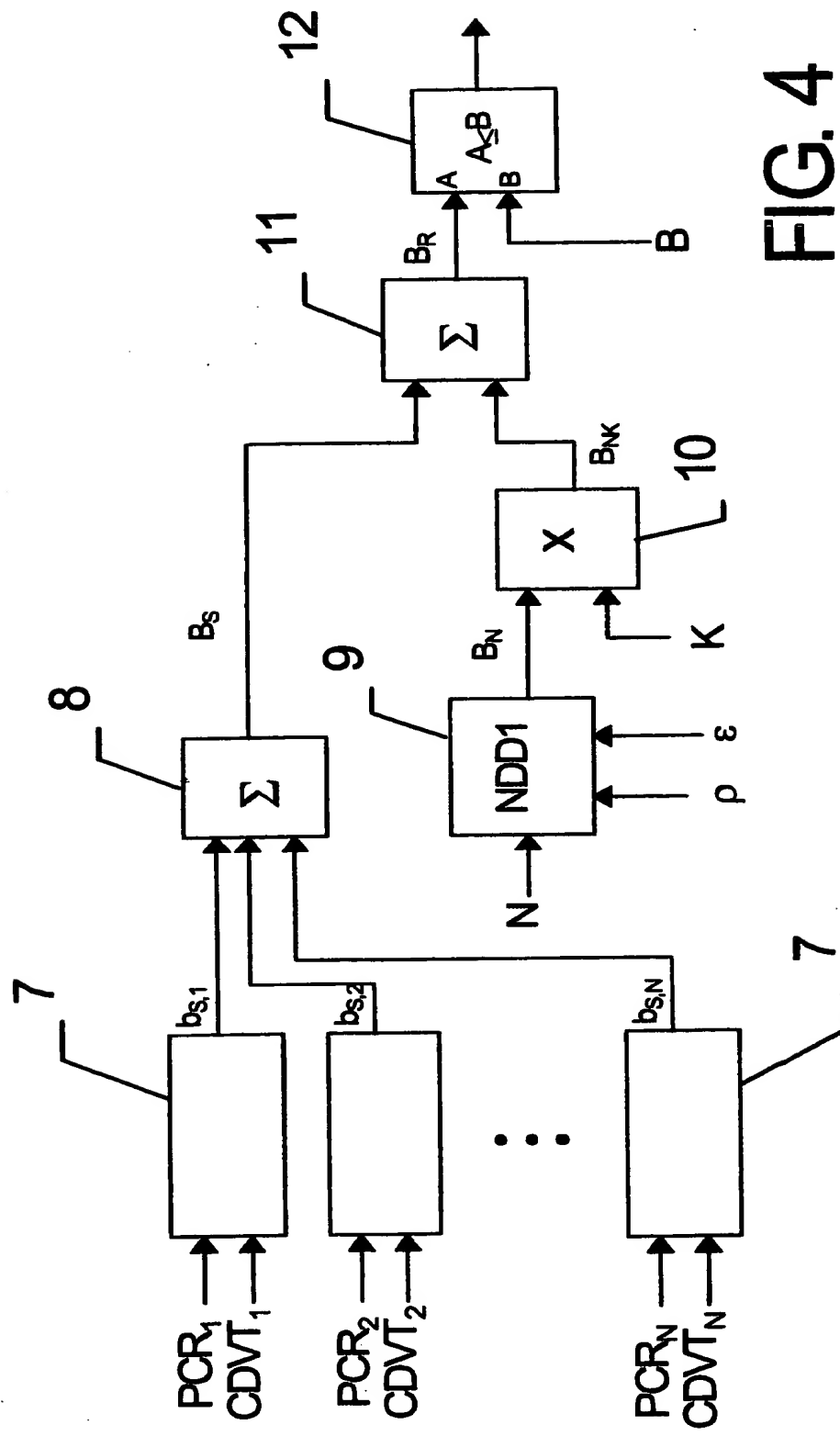


FIG. 4

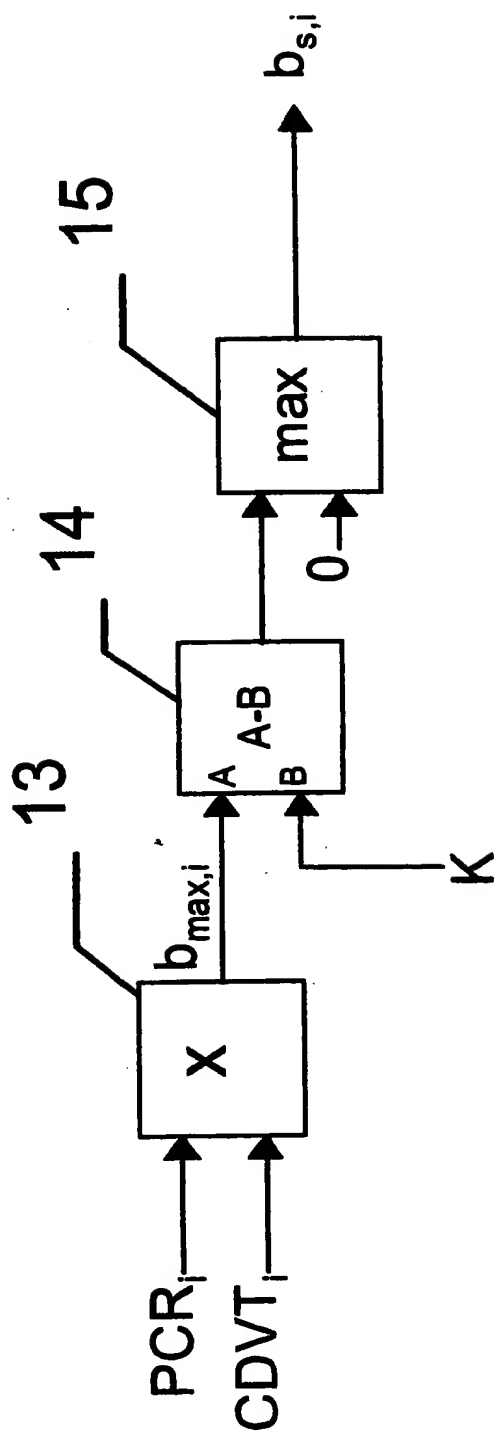


FIG. 5